



DEUTSCHES

PATENTAMT

Exp. # EL489207821 US  
Date.. Aug. 7, 2000

- ① Aktenzeichen:  
② Anmeldetag:  
④ Offenlegungstag:

P 29 42 379.8-52  
19. 10. 79  
23. 4. 81

Docket #3896  
INV.: D. Thelen et al.

AI

⑦ Anmelder:

Gebr. Hofmann GmbH & Co KG Maschinenfabrik, 6100  
Darmstadt, DE

⑦ Erfinder:

Himmler, Ing.(grad.), Günther, 6100 Darmstadt, DE

DE 29 42 379 A 1

BEST AVAILABLE COPY

⑤ Auswuchtmaschine zum Auswuchten von Rotationskörpern in mindestens zwei Ebenen

DE 29 42 379 A 1

**BEST AVAILABLE COPY**

AF

Gebr. Hofmann GmbH & Co., KG, Maschinenfabrik  
Pallaswiesenstraße 72, 6100 Darmstadt

Auswuchtmaschine zum Auswuchten von Rotationskörpern  
in mindestens zwei Ebenen

Patentansprüche:

1. Auswuchtmaschine zum Auswuchten von Rotationskörpern in mindestens zwei Ebenen mit einer vertikalen Rotationskörperlagerung, die durch zwei sich aufeinander abstützende, aus Rundstabfedern bestehende Federsysteme geführt ist, von denen das erste an einer Grundplatte abgestützte Federsystem wenigstens drei parallel zur Drehachse und um diese angeordnete Rundstabfedern und das zweite darauf abgestützte Federsystem wenigstens drei schräggestellte Rundstabfedern aufweisen und mit zwei Meßwertaufnehmern zur Ermittlung der Schwingungen der Rotationskörperlagerung, welche für eine Meßelektronik entsprechende Ausgangssignale liefern, dadurch gekennzeichnet, daß die Rundstabfedern (2, 5) beider Federsysteme mit gleichen Winkelabständen voneinander um die Laufachse angeordnet sind, und die Verlängerungen der schräggestellten Rundstabfedern (5) des zweiten Federsystems sich in einem Punkt in der Laufachse schneiden.

2. Auswuchtmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Federsystem und das sich auf diesem abstützende zweite Federsystem (4) um  $90^{\circ}$  zueinander versetzte Rundstabfedern (2, 5) aufweist.

## BEST AVAILABLE COPY

3. Auswuchtmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Meßwertaufnehmer (12, 13) an der Grundplatte (1) abgestützt sind und die Angriffspunkte der Abgriffelemente (15, 16) der Meßwertaufnehmer (12, 13) an der Rotationskörperlagerung (6) liegen.

4. Auswuchtmaschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Angriffspunkte der Abgriffelemente (15, 16) an der Rotationskörperlagerung (6) in einer gemeinsamen vertikalen Ebene liegen.

5. Auswuchtmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Rotationskörperlagerung (6) durch die beiden Federsysteme in der Weise isotrop gelagert ist, daß der Rotationskörper (6) eine Pendelbewegung um einen in der Laufachse liegenden Punkt sowie eine horizontale Parallelbewegung ausführen kann.

6. Auswuchtmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ermittlung des Unwuchtmomentes die aus der Pendelbewegung der Rotationskörperlagerung um den in der Laufachse liegenden Punkt resultierenden Signale der Meßwertaufnehmer (12, 13) vor der Auswertung in der Meßelektronik einem Subtrahierer und zur Ermittlung der statischen Unwucht die aus der horizontalen Parallelbewegung der Rotationskörperlagerung (6) resultierenden Ausgangssignale der Meßwertaufnehmer (12, 13) vor der Auswertung in der Meßelektronik einem Addierer zugeführt sind.

# BEST AVAILABLE COPY

## Auswuchtmaschine zum Auswuchten von Rotationskörpern in mindestens zwei Ebenen

Die Erfindung betrifft eine Auswuchtmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Eine derartige Auswuchtmaschine ist aus der DE-PS 16 98 164 bekannt.

Zur Ermittlung der Unwucht nach Größe und Richtung wird der auszuwuchtende Rotor in der Regel in die Lagerung einer Auswuchtmaschine eingelagert. Die Auswuchtmaschinenlagerungen sind so gestaltet, daß diese ein definiertes Schwingungsverhalten aufweisen und somit meßtechnisch günstige Bedingungen liefern.

Entsprechend den dynamischen Eigenschaften der Lagerkonstruktion unterscheidet man unterkritische und überkritische Lagerungen. Zur vollständigen Kennzeichnung müssen außerdem die radiale Steifigkeit in der Lagerebene und die Massenverteilung, bezogen auf die Laufachse, berücksichtigt werden. Man unterscheidet daher auch noch isotrope und anisotrope Lagerungen.

Insbesondere zur Auswuchtung von wellenelastischen Rotoren ist es erforderlich, daß die Eigenfrequenzen der Lagerung weit genug von der Auswuchtdrehzahl entfernt ist, wobei die gleichen Randbedingungen für die Rotorlagerung als auch für die Lagerebene vorliegen sollten. Es ist daher notwendig, daß die Lagerung isotrop, also bei Vertikalmaschinen, in den Horizontalrichtungen gleich steif ist. Des weiteren soll hierdurch das Spektrum der Eigenfrequenzen des Schwingungssystems in einen kleinen Frequenzbereich gelegt werden, um damit den Arbeitsfrequenzbereich wesentlich zu vergrößern.

## BEST AVAILABLE COPY

Durch die eingangs genannte DE-PS 1 698 164 ist z. B. eine Auswuchtmaschine mit einem mechanischen Rahmen bekannt geworden, bei der auf einem ersten aus parallel angeordneten Blattfedern oder Rundstabfedern bestehenden Federsystem ein zweites, ebenfalls aus Blatt- oder Rundstabfedern bestehendes Federsystem derart angeordnet ist, daß sich die gedachte Verlängerung des Blattfederpaares in Höhe der einen Ausgleichsebene schneidet. Wenn das Blattfederpaar des zweiten Federsystems ersetzt wird, werden hierfür vier schräggestellte Rundstabfedern vorgeschen. Die Verlängerungen jeweils zweier dieser vier Rundstabfedern schneiden sich in zwei in der einen Ausgleichsebene liegenden Punkten, um eine dem Blattfederpaar äquivalente Wirkung dahingehend zu erzielen, daß in dieser einen Ausgleichsebene eine Pendelachse erzwungen wird.

Bei dieser Auswuchtmaschine soll durch die Anordnung von zwei Blattfederpaaren bzw. jeweils vier Rundstabfedern für die beiden Federsysteme eine bessere Ebenentrennung erzielt werden. Eine isotrope Lagerung des Wuchtkörpers mit den dadurch erzielten Vorteilen ist durch diese Anordnung aber nicht gegeben, da durch das erste an der Grundplatte abgestützte Federsystem eine horizontale Parallelführung in einer Richtung und durch das zweite Federsystem eine Pendelbewegung um eine Pendelachse erzielt werden sollen. Durch die DE-AS 2 307 476 ist weiterhin eine Vorrichtung zum Bestimmen der Unwucht eines Wuchtkörpers bekannt geworden, bei der die den Lagerkörper tragenden federnden Teile durch gleichlange Stäbe gebildet werden und bei der jeweils ein Paar der Stäbe in einer von zwei vertikalen und zueinander parallelen Ebenen so angeordnet sind, daß die Achsen eines Paares von Stäben einen Winkel einschließen, dessen Winkelhalbierende parallel zur vertikalen Achse des Antriebtellers verläuft und die Scheitelpunkte der Winkel bzw. die Schnittpunkte der Verlängerungen der Stabfedern auf einer Schwerlinie des Wuchtkörpers liegen.

Mittels dieser Einrichtung ist zwar eine Unwuchtbestimmung möglich, bei der nur geringe Reaktionskräfte oder Reaktionsmomente erzeugt werden, aber eine isotrope Lagerung wird mittels dieser Einrichtung ebenfalls nicht gewährleistet. Des weiteren sind die beiden Federpaare nicht gegenseitig aufeinander, sondern an der Grundplatte abgestützt.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Auswuchtmaschine der eingangs genannten Art zu schaffen, die eine vertikale isotrope Lagerung aufweist und kostengünstig aufgebaut werden kann und bei der eine sichere und schnelle Ermittlung der Unwucht in mindestens zwei Ebenen nach Größe und Richtung möglich ist.

Diese Aufgabe wird bei der eingangs genannten Auswuchtmaschine durch die in kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 aufgeführten Merkmale gelöst. In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung aufgeführt.

Durch die erfindungsgemäße Anordnung der Rundstabfedern wird durch das obere zweite Federsystem, das Pendel- bzw. Taumelbewegungen der Rotationskörperlagerung um einen in der senkrechten Achse bzw. Laufachse liegenden Pendelpunkt zuläßt, die Ermittlung des Unwuchtmomentes ermöglicht und durch das untere erste Federsystem, das horizontale Parallelbewegungen in jeder horizontalen Richtung zuläßt, wird die Ermittlung der statischen Unwucht ermöglicht. Der Pendelpunkt muß nicht in einer der Ausgleichsebenen liegen oder mit dem Schwerpunkt der Rotationskörperlagerung übereinstimmen.

Durch die symmetrische Anordnung der Federelemente im Winkel von  $360^{\circ}$ , bezogen auf die Laufachse des Rotors, ist eine in alle Richtungen gleichmäßig wirkende steife Abstützung der vertikalen Rotationskörperlagerung gewährleistet.

Durch die isotrope Lagerung bei der Erfindung werden für die Rotationskörperlagerung gleiche Randbedingungen in der Lagerebene und damit gleiche Eigenfrequenzen und Eigenformen für den Rotor erzielt. Insbesondere beim Auswuchten von wellenelastischen Rotoren ergibt sich hieraus eine wesentliche Erleichterung bei der Bestimmung der Unwucht, was darauf zurückzuführen ist, daß das dynamische Gleichgewicht des wellenelastischen Rotors durch seine Lagerbedingungen und seine Drehzahl bestimmt ist.

Durch die Maßnahme des Unteranspruches 4 wird in bekannter Weise noch ein Vorteil dahingehend erzielt, daß ein Phasenunterschied zwischen den Ausgangssignalen der beiden Meßwertaufnehmer vermieden wird.

Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispieles, das in der beiliegenden Zeichnung dargestellt ist, näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1                                      schematisch eine Ansicht einer Auswuchtmaschine  
gemäß Schnitt A - B in Fig. 2;

Fig. 2                                      eine Draufsicht nach Fig. 1.

Auf einer Grundplatte 1 einer Auswuchtmaschine sind insbesondere vier als Stabfedern ausgebildete Federelemente 2 in gleichen Winkelabständen ( $90^{\circ}$ ) voneinander, bezogen auf eine Laufachse 3 symmetrisch angeordnet. Es können aber auch drei Federelemente, die jeweils  $120^{\circ}$  Winkelabstand zueinander aufweisen oder auch jede beliebige andere, über drei hinausgehende Anzahl von Federelementen vorgesehen sein. Die Federelemente 2 sind als Stabfedern ausgeführt und weisen einen Kreisquerschnitt auf. Die Federelemente 2 sind mittels bekannter Mittel an der Grundplatte 1 und an einer Zwischenplatte oder einem Zwischenring 4 starr befestigt und bilden ein erstes Federsystem.

## BEST AVAILABLE COPY

Auf der Zwischenplatte 4 können ebenfalls drei oder mehrere, insbesondere vier, als Stabfedern ausgebildete Federelemente 5 gleichmäßig mit gleichen Winkelabständen um die Laufachse 3 angeordnet sein, wobei die Federelemente 5 unter einem Winkel  $0^\circ$  bis  $90^\circ$ , insbesondere aber  $45^\circ$ , gegenüber der Horizontalen aufeinander zu verlaufen können. Die Achsen der Stabfedern schneiden sich in einem auf der Laufachse 3 liegenden Pendelpunkt P, dessen Höhe beliebig wählbar ist.

Die Federelemente 5 sind mittels ebenfalls bekannter Mittel an der Zwischenplatte 4 und der Rotationskörperlagerung 6 starr befestigt. Die Rotationskörperlagerung 6 kann eine Bohrung 7 aufweisen, in der mittels zweier Lager 8 und 9 eine Unwuchtkörperaufnahme 10 drehbar gelagert sein kann.

Der Antrieb der Wuchtkörperaufnahme 10 kann mittels eines nicht mehr dargestellten Antriebes erfolgen.

Zur Ermittlung der Unwucht eines Unwuchtkörpers 11 können zwei Meßwertaufnehmer 12 und 13 an einem an der Grundplatte 1 abgestützten Ständer 14 angelenkt sein. Die Meßwertaufnehmer 12 und 13 sind mit der Rotationskörperlagerung 6 verbunden und tasten die durch den Unwuchtkörper 11 verursachten umlaufenden Schwingungen ab. Die Angriffspunkte von Abgriffselementen 15, 16 der Meßwertaufnehmer 12 und 13 an der Rotationskörperlagerung 6 können in einem beliebigen Winkel und in beliebiger Höhe angeordnet sein. In bevorzugter Weise liegen die Angriffspunkte der beiden Meßwertaufnehmer 12 und 13 bzw. der Abgriffselemente 15, 16 in einer vertikalen Ebene.

Zur Ermittlung der statischen Unwucht können die Ausgangssignale der Meßwertaufnehmer 12 und 13 über einen nicht näher dargestellten Addierer einer ebenfalls nicht dargestellten und an sich bekannten Meßelektronik

zugeleitet werden. Zur Ermittlung des Unwuchtmomentes werden die Ausgangssignale der Meßwertaufnehmer über einen Subtrahierer der Meßelektronik zugeleitet, die dann die Weiterverarbeitung der Meßsignale durchführt und diese dann einem nicht dargestellten, ebenfalls an sich bekannten Anzeigegerät eingibt.

**BEST AVAILABLE COPY**

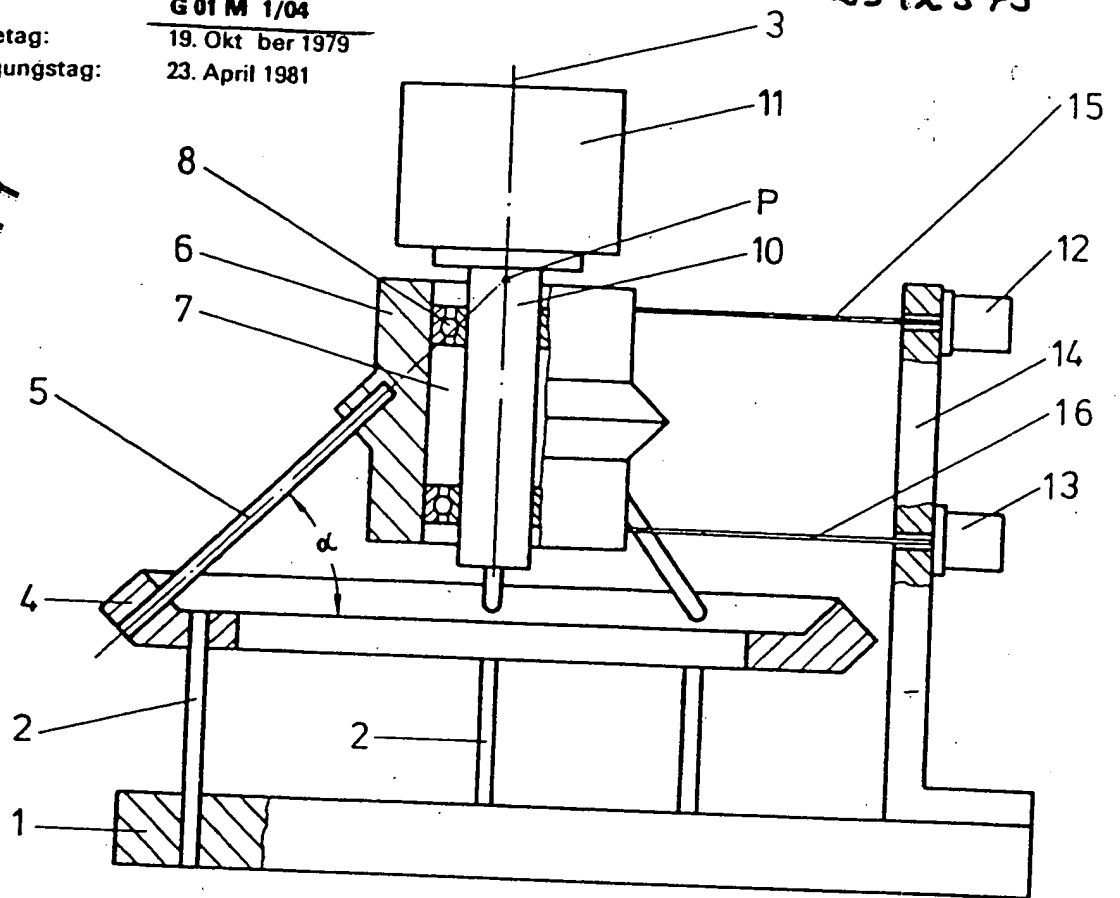


Fig. 1

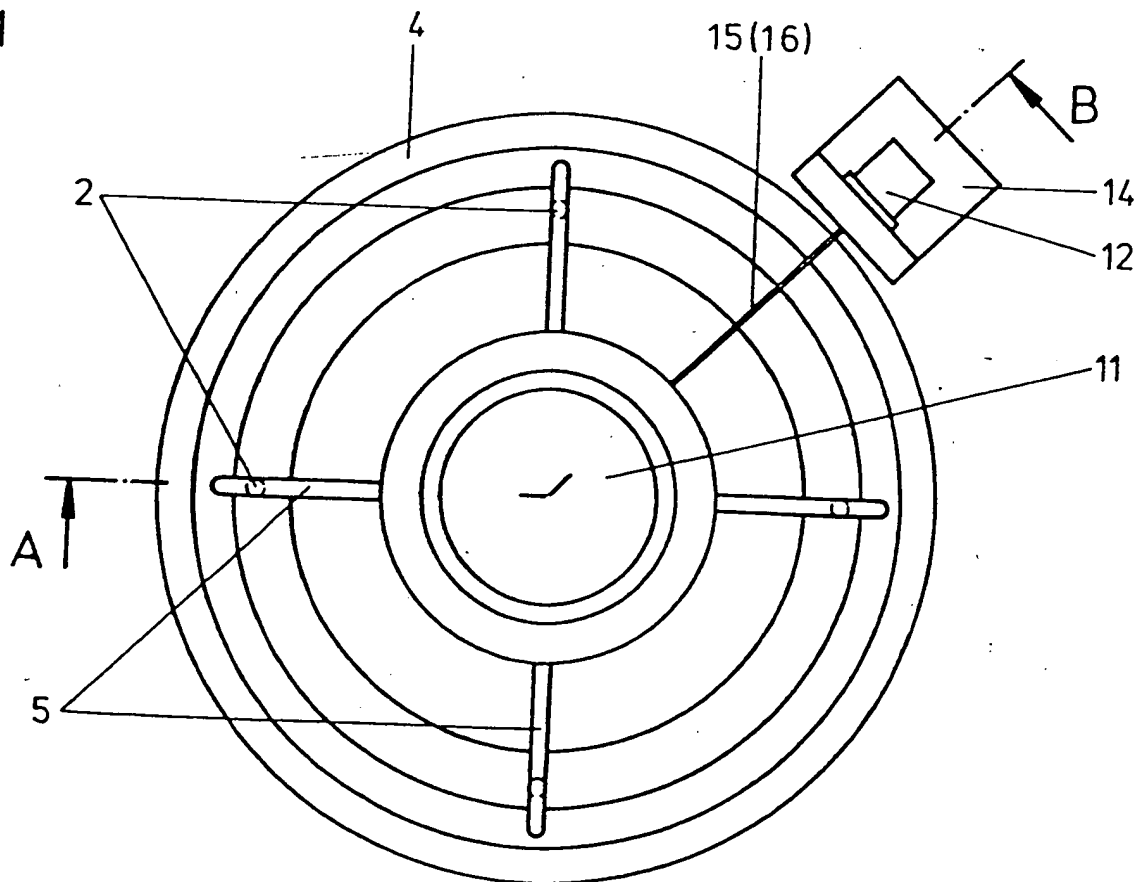


Fig. 2

130017/0447